

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-133649  
(P2001-133649A)

(43) 公開日 平成13年5月18日 (2001.5.18)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

ターマコト\* (参考)

G 0 2 B 6/13  
5/18  
6/122G 0 2 B 5/18  
6/122 H 0 4 7  
M 2 H 0 4 9  
A

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平11-315127

(22) 出願日 平成11年11月5日 (1999.11.5)

(71) 出願人 000237721

エフ・ディー・ケイ株式会社  
東京都港区新橋5丁目36番11号

(72) 発明者 林 智幸

東京都港区新橋5丁目36番11号 富士電気  
化学株式会社内

(72) 発明者 袴田 和喜

東京都港区新橋5丁目36番11号 富士電気  
化学株式会社内

(74) 代理人 100078961

弁理士 茂見 穰

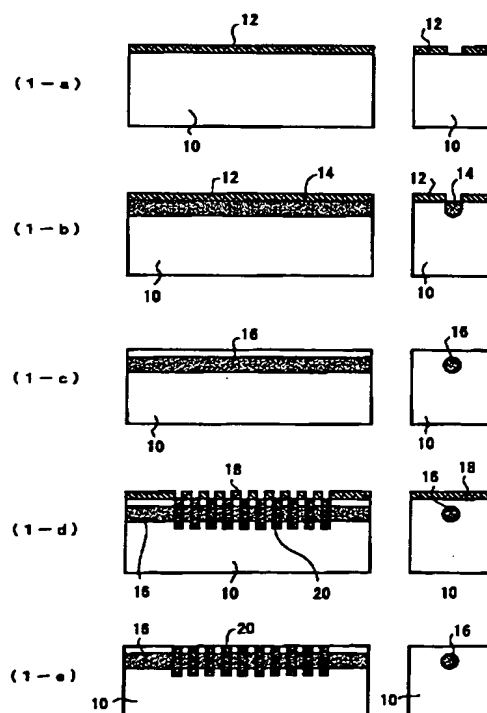
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光導波路グレーティングの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 イオン交換型の埋め込み光導波路に、屈折率の異なる微細な領域を容易に形成できるようにし、微細周期のグレーティングを効率よく作製する。

【解決手段】 製造工程、ガラス基板とドーパイオン種の関係、ドーパイオン種などを工夫することにより、ストライプ状のグレーティング形成用金属マスクを用いてイオン交換し、埋め込み型の光導波路中に微細周期の屈折率変化を付与する。典型的な方法としては、ガラス基板10の表面に光導波路パターン形成用金属マスク12を設けて熱イオン交換を行うイオン交換工程、金属マスクを除去する工程、イオン交換した屈折率増加部分14を埋め込むために電界印加イオン交換を行い埋め込み型光導波路16を形成するイオン交換工程、グレーティング形成用金属マスク18を設け電界を印加しながら高濃度のイオンでイオン交換して微細領域20を形成するイオン交換工程、金属マスクを除去する工程を有する。



BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ガラス基板中にイオン交換型光導波路を埋め込み、該光導波路に光伝搬方向で屈折率が所定周期で変化している光導波路グレーティングを形成する方法において、

ガラス基板の表面に光導波路パターン形成用金属マスクを設けて熱イオン交換を行う第1のイオン交換工程、該光導波路パターン形成用金属マスクを除去する工程、イオン交換した屈折率増加部分をガラス基板内に埋め込むために電界印加イオン交換を行い埋め込み型光導波路を形成する第2のイオン交換工程、

ガラス基板の表面にストライプ状のグレーティング形成用金属マスクを設け、電界を印加しながら第1のイオン交換時よりも高濃度のイオンでイオン交換を行うことにより、光導波路の形状を崩すことなく周期的にイオン濃度分布を制御する第3のイオン交換工程、該グレーティング形成用金属マスクを除去する工程、を具備し、光導波路に微細周期の屈折率変化を形成することを特徴とする光導波路グレーティングの製造方法。

【請求項2】 ガラス基板中にイオン交換型光導波路を埋め込み、該光導波路に光伝搬方向で屈折率が所定周期で変化している光導波路グレーティングを形成する方法において、

ドーパイオンのガラス中での相互拡散係数のイオン濃度依存性が強いイオンとガラスの組み合わせを選択し、ガラス基板の表面に光導波路パターン形成用金属マスクを設けて熱イオン交換を行う第1のイオン交換工程、該光導波路パターン形成用金属マスクを除去する工程、イオン交換した屈折率増加部分をガラス基板内に埋め込むために電界印加イオン交換を行い埋め込み型光導波路を形成する第2のイオン交換工程、ガラス基板の表面にストライプ状のグレーティング形成用金属マスクを設けて第1のイオン交換時よりも高濃度のイオンで熱イオン交換する第3のイオン交換工程、該グレーティング形成用金属マスクを除去する工程、第3のイオン交換工程でイオン交換した部分を光導波路部分まで埋め込むために電界印加イオン交換を行うことにより、光導波路の形状を崩すことなく周期的にイオン濃度分布を制御する第4のイオン交換工程、を具備し、光導波路に微細周期の屈折率変化を形成することを特徴とする光導波路グレーティングの製造方法。

【請求項3】 ガラス基板中にイオン交換型光導波路を埋め込み、該光導波路に光伝搬方向で屈折率が所定周期で変化している光導波路グレーティングを形成する方法において、

ガラス基板の表面に光導波路パターン形成用金属マスクを設け、高温でイオン交換が進み低温ではイオン交換が進まない第1のイオンを用いてイオン交換を行い埋め込み型の光導波路を形成する工程、ガラス基板の表面にストライプ状のグレーティング形成

用金属マスクを設け、低温でイオン交換が進む第2のイオンを用いて電界印加イオン交換を行い光導波路に屈折率の異なる微細領域を形成する工程、を具備し、光導波路の形状を崩すことなく該光導波路中に周期的な屈折率変化を形成することを特徴とする光導波路グレーティングの製造方法。

【請求項4】 高温でイオン交換が進み低温ではイオン交換が進まない第1のイオンがTlイオンであり、低温でイオン交換が進む第2のイオンがAgイオンである請求項3記載の光導波路グレーティングの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ストライプ状の金属マスクを用いるイオン交換法によって、ガラス基板に埋め込んだ光導波路に、光伝搬方向で微細周期の屈折率変化を形成する光導波路グレーティングの製造方法に関するものである。この技術は、所定の波長の光信号を多重あるいは分離する波長多重分離素子などとして用いられるイオン交換型光導波路グレーティングの製造に有用である。

## 【0002】

【従来の技術】平面導波路型光回路において、その光導波路を形成する代表的な方法として、イオン交換法と火炎堆積法がある。イオン交換法は、基板として多成分ガラスを用い熔融塩中に浸漬して熱イオン交換や電界印加イオン交換により光導波路を形成するもので、低温プロセス（200～500℃程度）である。この方法は、製造が容易で安価である利点がある。それに対して火炎堆積法は、Si基板上に石英系ガラスを堆積することで光導波路を形成するもので、高温プロセス（1200～1300℃程度）である。この方法は、作製工程中に高温に曝されるため内部応力等が異方的に作用し、光通信で重要となる偏波依存損失が大きく、製法が複雑でコスト高となる。

【0003】ところで、光回路を構成する上で極めて重要な技術として、グレーティングがある。このグレーティングは、光導波路内に形成した微細な周期構造であり、波長フィルタ、反射器、モード変換器など種々の光デバイスに応用されている。

【0004】ファイバグレーティングの場合には、光ファイバを構成するガラス材料の屈折率が紫外線照射によって変化することを利用して形成する。具体的な一つの方法として、石英ガラスの表面に凹凸を形成した透過回折格子（位相マスク）を設置し、紫外光の干渉縞を+1次と-1次の透過回折光の干渉により形成する方法がある。この方法は、干渉縞のピッチが位相マスクの格子周期の1/2となり、再現性に優れている。他の方法としては、紫外光をハーフミラーで2つの等強度の光ビームに分離し、2つの光ビームの光路を互いに平行に配置された全反射ミラーで変更し、光ファイバ上で互いに交差

するように照射する方法がある。この方法では、光ファイバ上で2つの光ビームが互いに干渉し、周期 $\Lambda = \lambda / 2 \sin \theta$ の干渉縞の光強度分布を形成する。ここで、 $\lambda$ は紫外光の波長、 $\theta$ は光ファイバに入射する紫外光の入射角である。

【0005】一般に、Geドープ光ファイバでは紫外光の照射によって光損傷が生じ、照射部分の屈折率が増加する。従って、紫外光の干渉縞が形成された光ファイバのコア中には、干渉縞の光強度分布に対応した周期的な屈折率変化が生じる。すなわち、紫外光が照射された部分には幅及び周期が一定の屈折率変化が生じ、それ以外の部分では一定の屈折率が保たれる。このような屈折率分布により、波長 $2n\Lambda$ の波長成分のみを選択的に反射し、それ以外の波長成分の光を低損失で透過する光フィルタが形成される。ここで、 $n$ は、光ファイバコア部の平均屈折率である。

【0006】平面導波路型光回路においても、火炎堆積法による光導波路の場合には、コア部にGeをドープすることで、ファイバグレーティングの場合と同様、紫外光照射により光導波路内にグレーティングを形成できる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】火炎堆積法により形成した光導波路は偏波依存性が大きく、この種の平面導波路型光回路は製法が複雑でコスト高である。そのために、グレーティングも偏波依存があり、且つ高価となる。それに対して、イオン交換法による導波路型光回路は、作製が容易で安価であるが、ガラス材料とドーパイオン種により、拡散係数、拡散係数の濃度依存性などが異なり、微小周期のグレーティング作製は熱によるイオンの自然拡散のため、サブミクロン周期の濃度変調を生じさせようとしても制御できず困難であるとされている。

【0008】更に、イオン交換法によってガラス表面に導波路を作製しイオン濃度変調を生じさせる試みについては報告もなされているが、表面光導波路の場合は導波路形状に異質性があるため、偏波依存性が大きく損失も大きくなる。それに対して埋め込み型は、損失の低減に有効となるが、 $10\mu\text{m}$ 付近まで光導波路を埋め込むため、グレーティング作製には、その深さまで横方向の濃度変調を保ち、拡散させなければならない。そのため、このような埋め込み型光導波路に微小周期のグレーティングを精度よく作製する有効な方法は、未だ開発されていない。

【0009】本発明の目的は、イオン交換型の埋め込み光導波路に、屈折率の異なる微細な領域を容易に形成できるようにして、所望の微細周期のグレーティングを効率よく作製できる方法を提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、ガラス基板中

にイオン交換型光導波路を埋め込み、該光導波路に光伝搬方向で屈折率が所定の微細周期で変化している光導波路グレーティングを形成する方法である。本発明は、製造工程、ガラス基板とドーパイオン種の関係、あるいはドーパイオン種などを工夫することにより、ストライプ状のグレーティング形成用金属マスクを用いてイオン交換し、埋め込み型の光導波路中に微細周期の屈折率変化を形成する光導波路グレーティングの製造方法である。ストライプ状のグレーティング形成用金属マスクは、例えば $0.2 \sim 1.0\mu\text{m}$ の周期で縞状に線状開口が多数（例えば数万本）配列形成された構造である。

【0011】第1の方法は、ガラス基板の表面に光導波路パターン形成用金属マスクを設けて熱イオン交換を行う第1のイオン交換工程、該光導波路パターン形成用金属マスクを除去する工程、イオン交換した屈折率増加部分をガラス基板内に埋め込むために電界印加イオン交換を行い埋め込み型光導波路を形成する第2のイオン交換工程、ガラス基板の表面にストライプ状のグレーティング形成用金属マスクを設け、電界を印加しながら第1のイオン交換時よりも高濃度の同種イオンでイオン交換を行うことにより、光導波路の形状を崩すことなく周期的にイオン濃度分布を制御する第3のイオン交換工程、該グレーティング形成用金属マスクを除去する工程、を具備している。

【0012】第2の方法では、ドーパイオンのガラス中の相互拡散係数のイオン濃度依存性が強いイオンとガラスの組み合わせを選択する。そして、ガラス基板の表面に光導波路パターン形成用金属マスクを設けて熱イオン交換を行う第1のイオン交換工程、該光導波路パターン形成用金属マスクを除去する工程、イオン交換した屈折率増加部分をガラス基板内に埋め込むために電界印加イオン交換を行い埋め込み型光導波路を形成する第2のイオン交換工程、ガラス基板の表面にストライプ状のグレーティング形成用金属マスクを設けて第1のイオン交換時よりも高濃度の同種イオンで熱イオン交換する第3のイオン交換工程、該グレーティング形成用金属マスクを除去する工程、第3のイオン交換工程でイオン交換した部分を光導波路部分まで埋め込むために電界印加イオン交換を行うことにより、光導波路の形状を崩すことなく周期的にイオン濃度分布を制御する第4のイオン交換工程、を具備している。

【0013】第3の方法は、ガラス基板の表面に光導波路パターン形成用金属マスクを設け、高温でイオン交換が進み低温ではイオン交換が進まないイオンを用いてイオン交換を行い埋め込み型の光導波路を形成する工程、ガラス基板の表面にストライプ状のグレーティング形成用金属マスクを設け、低温でイオン交換が進むイオンを用いて電界印加イオン交換を行い光導波路に屈折率の異なる微細領域を形成する工程、を具備している。

【0014】

【発明の実施の形態】第1の方法による製造工程の一例を図1に示す。

(1-a) ガラス基板10の表面に光導波路パターン形成用金属マスク12を設ける。

(1-b) 光導波路パターン形成用金属マスク12の開孔部分を通して熱イオン交換を行い、光導波路となる屈折率増加部分14を形成する。

(1-c) 該光導波路パターン形成用金属マスクを除去し、次いでイオン交換した屈折率増加部分をガラス基板内に埋め込むために電界印加イオン交換を行い埋め込み型光導波路16を形成する。

(1-d) ガラス基板10の埋め込み型光導波路16の直上の基板表面に、該光導波路を横切る方向に線状開口を有するストライプ状のグレーティング形成用金属マスク18を設け、電界を印加しながら第1のイオン交換時よりも高濃度の同種イオンでイオン交換する。イオン交換した微細領域を符号20で示す。

(1-e) グレーティング形成用金属マスクを除去する。これによって、光導波路の形状を崩すことなく周期的にイオン濃度分布を制御して微細周期の屈折率変化を形成することができる。

【0015】この(1-d)の工程での印加電圧は、熱拡散でグレーティング部の横方向への濃度分布が失われる前に所望深さにイオンを拡散できる速度となるように設定する。この方法は、ドーパイオン濃度と拡散係数との関係がどのようであろうと有効である。

【0016】第2の方法による製造工程の一例を図2に示す。

(2-a) ガラス基板30の表面に光導波路パターン形成用金属マスク32を設ける。

(2-b) 光導波路パターン形成用金属マスク32の開孔部分を通して熱イオン交換を行い、光導波路となる屈折率増加部分34を形成する。

(2-c) 該光導波路パターン形成用金属マスクを除去し、次いでイオン交換した屈折率増加部分をガラス基板内に埋め込むために電界印加イオン交換を行い埋め込み型光導波路36を形成する。この工程までは第1の方法と同様である。

(2-d) ガラス基板30の埋め込み型光導波路36の直上の基板表面に、該光導波路を横切る方向に線状開口を有するストライプ状のグレーティング形成用金属マスク38を設けて第1のイオン交換時よりも高濃度の同種イオンで熱イオン交換する。イオン交換された微細領域を符号39で示す。

(2-e) グレーティング形成用金属マスクを除去し、次いで(2-d)のイオン交換工程でイオン交換した微細領域を光導波路部分まで埋め込むために電界印加イオン交換を行う。埋め込まれた微細屈折率増加領域を符号40で示す。

【0017】この方法では、ドーパするイオンのガラス

中での相互拡散係数がガラス中のドーパイオン濃度に大きく依存するガラスとイオン種の組み合わせを選定し、(2-d)の工程を経ることで、自然拡散による微小ピッチの周期を乱すことなくイオン濃度分布を制御して光導波路グレーティングを製造することができる。

【0018】第3の方法による製造工程の一例を図3に示す。

(3-a) ガラス基板50の表面に光導波路パターン形成用金属マスク52を設ける。

(3-b) 光導波路パターン形成用金属マスク52の開孔部分を通して熱イオン交換を行い、光導波路となる屈折率増加部分54を形成する。

(3-c) 該光導波路パターン形成用金属マスクを除去し、次いでイオン交換した屈折率増加部分をガラス基板内に埋め込むために電界印加イオン交換を行い埋め込み型光導波路56を形成する。この工程までは第1の方法と同様である。

(3-d) ガラス基板50の埋め込み型光導波路56の直上の基板表面に、該光導波路を横切る方向に線状開口を有するストライプ状のグレーティング形成用金属マスク58を設け、低温でイオン交換が進むイオンを用いて電界印加イオン交換を行い屈折率の異なる微細領域60を形成する。

(3-e) グレーティング形成用金属マスクを除去する。

【0019】この第3の方法においては、例えば光導波路の形成にT1イオンを用い、グレーティングの形成にAgイオンを用いる。T1イオンはガラス中の相互拡散係数が小さく、500℃前後の比較的高温でないといオン交換が進まない。他方、Agイオンは300℃程度以下の温度でイオン交換が進む。従って、予め500℃前後の処理温度でT1イオン交換によって埋め込み型の光導波路を作製しておき、その光導波路直上にストライプ状のマスクを設けて300℃以下の温度でAgイオンを電界印加イオン交換すれば、既に作製されている光導波路の形状を崩さずにイオン交換によって光導波路グレーティングを作製することができる。

【0020】

【実施例】ガラス基板としてソーダライムガラスを用い、ドーパイオン種にAgイオンを用いて、ストライプ状のグレーティング形成用金属マスク(グレーティング周期: 0.5  $\mu\text{m}$ )を使用して図1に示す工程で作製したところ、反射率約60%が得られ、グレーティングが形成できた。

【0021】ガラス基板として組成の異なる2種のガラス(ガラスAとガラスB)を用い、溶融塩としてAgNO<sub>3</sub>を用いて、ストライプ状のグレーティング形成用金属マスク(グレーティング周期: 0.5  $\mu\text{m}$ )を使用して、図2に示す工程に従って作製した。表1に、ガラスA、Bの組成、ガラス中のAgイオン濃度変化 $\Delta C$ に対

する相互拡散係数の変化の変化率 $\Delta D(T)/\Delta C$ 、及び結果（反射率）を示す。ここで、Cはガラス中におけるAgイオン/(Agイオン+アルカリイオン濃度) $\times 100$ で、5%から10%とする。また、 $\Delta D(T)$ は温度280℃におけるCが5%から10%における相互

拡散係数の差を $C=5\%$ の相互拡散係数で除した値である。

【0022】

【表1】

	ガラス組成 (モル%)						$\Delta D(T)/\Delta C$	反射率
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	ZnO	K <sub>2</sub> O		(%)
ガラスA	64	4	12	10	10	0	0.10	0
ガラスB	70	10	10	10	0	10	0.35	60

【0023】ガラスAとAgイオンの組み合わせは $\Delta D(T)/\Delta C=0.1$ であり、光の反射は生じなかった。それに対して、ガラスBとAgイオンの組み合わせでは $\Delta D(T)/\Delta C=0.35$ であり、反射率60%が得られ、グレーティングが形成できた。更に検討した結果、 $\Delta D(T)/\Delta C$ が0.2以上であれば、グレーティング形成が可能であった。

【0024】

【発明の効果】本発明は上記のように、製造工程、ガラス基板とドーパイオン種の関係、あるいはドーパイオン種などを工夫し、ストライプ状のグレーティング形成用金属マスクを用いてイオン交換する方法であるから、イオン交換型の埋め込み光導波路に、屈折率の異なる微細な領域を容易に形成でき、所望の微細周期のグレーティングを効率よく作製できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る光導波路グレーティングの製造方法の第1の方法の一例を示す工程説明図。

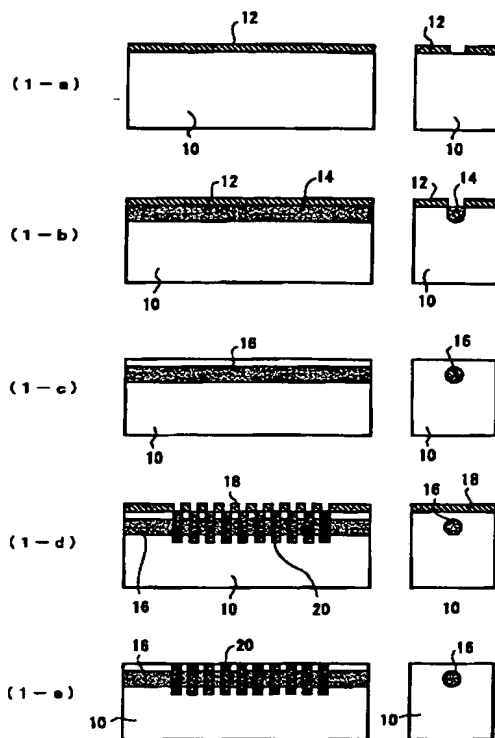
【図2】本発明に係る光導波路グレーティングの製造方法の第2の方法の一例を示す工程説明図。

【図3】本発明に係る光導波路グレーティングの製造方法の第3の方法の一例を示す工程説明図。

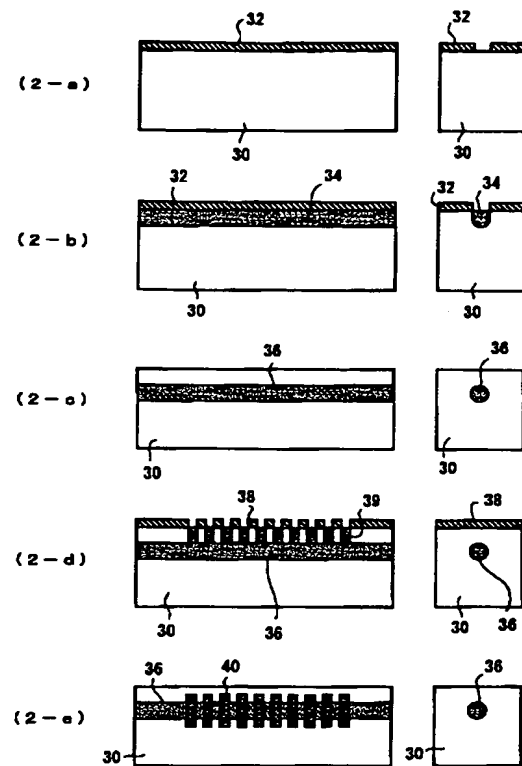
【符号の説明】

- 10 ガラス基板
- 12 光導波路形成用金属マスク
- 14 屈折率増加部分
- 16 埋め込み型光導波路
- 18 グレーティング形成用金属マスク
- 20 イオン交換した微細領域

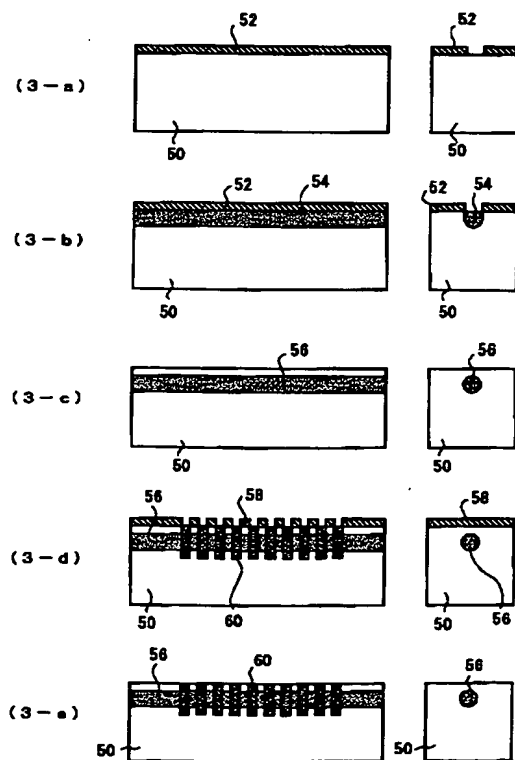
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 定行 勝  
東京都港区新橋5丁目36番11号 富士電気  
化学株式会社内

(72)発明者 久納 達志  
東京都港区新橋5丁目36番11号 富士電気  
化学株式会社内

(72)発明者 安間 康浩  
東京都港区新橋5丁目36番11号 富士電気  
化学株式会社内

(72)発明者 石津 淳子  
東京都港区新橋5丁目36番11号 富士電気  
化学株式会社内

Fターム(参考) 2H047 KA04 LA02 PA13 QA04  
2H049 AA36 AA45 AA59 AA62

JAPANESE

[JP,2001-133649,A]

---

CLAIMS DETAILED DESCRIPTION TECHNICAL FIELD PRIOR ART EFFECT OF THE  
INVENTION TECHNICAL PROBLEM MEANS EXAMPLE DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Translation done.]

**BEST AVAILABLE COPY**



## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

## [Claim(s)]

[Claim 1] In the approach of forming the optical waveguide grating from which ion-exchange mold optical waveguide is embedded into a glass substrate, and the refractive index is changing to this optical waveguide the predetermined period in the optical propagation direction the front face of a glass substrate -- optical waveguide pattern formation -- public funds -- the 1st ion-exchange process which prepares a group mask and performs thermion exchange -- The 2nd ion-exchange process which performs the electric-field impression ion exchange and forms embedding mold optical waveguide in order to embed a part for the process which removes this metal mask for optical waveguide pattern formation, and refractive-index increase Kabe which carried out the ion exchange in a glass substrate, the front face of a glass substrate -- stripe-like formation [ grating ] -- public funds -- by performing the ion exchange with high-concentration ion rather than the time of the 1st ion exchange, preparing a group mask and impressing electric field the 3rd ion-exchange process which controls ion concentration distribution periodically, without breaking down the configuration of optical waveguide, and this grating formation -- public funds -- the manufacture approach of the optical waveguide grating characterized by providing the process which removes a group mask and forming refractive-index change of a detailed period in optical waveguide.

[Claim 2] In the approach of forming the optical waveguide grating from which ion-exchange mold optical waveguide is embedded into a glass substrate, and the refractive index is changing to this optical waveguide the predetermined period in the optical propagation direction The ion concentration dependency of the interdiffusion coefficient in the inside of the glass of dope ion chooses the combination of strong ion and glass. the front face of a glass substrate -- optical waveguide pattern formation -- public funds -- the 1st ion-exchange process which prepares a group mask and performs thermion exchange -- The 2nd ion-exchange process which performs the electric-field impression ion exchange and forms embedding mold optical waveguide in order to embed a part for the process which removes this metal mask for optical waveguide pattern formation, and refractive-index increase Kabe which carried out the ion exchange in a glass substrate, the front face of a glass substrate -- stripe-like formation [ grating ] -- public funds -- the 3rd ion-exchange process which prepares a group mask and carries out thermion exchange with high-concentration ion rather than the time of the 1st ion exchange -- By performing the electric-field impression ion exchange, in order to embed the part which carried out the ion exchange at the process and the 3rd ion-exchange process of removing this metal mask for grating formation to an optical waveguide part The manufacture approach of the optical waveguide grating characterized by providing the 4th ion-exchange process which controls ion concentration distribution periodically, without breaking down the configuration of optical waveguide, and forming refractive-index change of a detailed period in optical waveguide.

[Claim 3] In the approach of forming the optical waveguide grating from which ion-exchange mold optical waveguide is embedded into a glass substrate, and the refractive index is changing to this optical waveguide the predetermined period in the optical propagation direction the front face of a glass substrate -- optical waveguide pattern formation -- public funds -- the process which performs the ion exchange using the 1st ion with which a group mask is prepared, the ion exchange progresses at an elevated temperature, and the ion exchange does not progress at low temperature, and forms the optical waveguide of an embedding mold -- A group mask is prepared. the front face of a glass substrate -- stripe-like formation [ grating ] -- public funds -- The process which forms the detailed field where the electric-field impression ion exchange is performed using the 2nd ion with which the ion exchange progresses at low temperature, and refractive indexes differ in optical waveguide, The

manufacture approach of the optical waveguide grating characterized by forming a periodic refractive-index change into this optical waveguide, without providing and breaking down the configuration of optical waveguide.

[Claim 4] The manufacture approach of an optical waveguide grating according to claim 3 that the 1st ion with which the ion exchange progresses at an elevated temperature, and the ion exchange does not progress at low temperature is Tl ion, and the 2nd ion with which the ion exchange progresses at low temperature is Ag ion.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the manufacture approach of the optical waveguide grating which forms refractive-index change of a detailed period in the optical waveguide embedded at the glass substrate in the optical propagation direction by the ion-exchange method for using a stripe-like metal mask. This technique is useful to manufacture of the ion-exchange mold optical waveguide grating used considering the lightwave signal of predetermined wavelength as multiplex or a wavelength demultiplexing component to separate.

[0002]

[Description of the Prior Art] In a flat-surface waveguide mold optical circuit, there are an ion-exchange method and the flame depositing method as a typical approach of forming the optical waveguide. An ion-exchange method is immersed into fused salt, using multicomponent glass as a substrate, forms optical waveguide according to thermion exchange or the electric-field impression ion exchange, and is a low-temperature process (about 200-500 degrees C). This approach has an advantage that manufacture is easy and cheap. To it, optical waveguide is formed because the flame depositing method deposits quartz system glass on Si substrate, and it is an elevated-temperature process (about 1200-1300 degrees C). Since this approach is put to an elevated temperature into a making process, its polarization dependence loss from which internal stress etc. acts in different direction, and becomes important by optical communication is large, and a process is complicated and serves as cost quantity.

[0003] By the way, when an optical circuit is constituted, there is a grating as a very important technique. This grating is the detailed periodic structure formed in optical waveguide, and is applied to various optical devices, such as a wavelength filter, a reflector, and a mode transducer.

[0004] In the case of a fiber grating, the refractive index of the glass ingredient which constitutes an optical fiber forms using changing with UV irradiation. As one concrete approach, the transmission grating (phase mask) in which irregularity was formed on the surface of quartz glass is installed, and there is the approach of forming the interference fringe of ultraviolet radiation by interference of the primary [ + ] transmission diffraction light [ primary / - ]. The pitch of an interference fringe is set to one half of the grid periods of a phase mask, and this approach is excellent in repeatability. As other approaches, a half mirror separates ultraviolet radiation into the light beam of reinforcement, such as two, the optical path of two light beams is changed by the total reflection mirror each other arranged in parallel, and there is the approach of irradiating so that it may cross mutually on an optical fiber. By this approach, two light beams interfere mutually on an optical fiber, and the optical intensity distribution of the interference fringe of periodic  $\lambda = \lambda / 2 \sin \theta$  are formed. Here, it is the incident angle of the ultraviolet radiation which makes  $\lambda$  the wavelength of ultraviolet radiation and makes incidence of  $\theta$  to an optical fiber.

[0005] Generally, in germanium doped optical fiber, by the exposure of ultraviolet radiation, optical damage arises and the refractive index of an exposure part increases. Therefore, in the core of the optical fiber with which the interference fringe of ultraviolet radiation was formed, the periodic refractive-index change corresponding to the optical intensity distribution of an interference fringe arises. That is, into the part by which ultraviolet radiation was irradiated, the refractive-index change with fixed width of face and period arises, and a fixed refractive index is maintained in the other part. The optical filter which reflects only a wavelength component with a wavelength [  $\lambda$  ] of  $2n$  alternatively, and penetrates the light of the other wavelength component by low loss according to such refractive-index distribution is formed. Here,  $n$  is the average refractive index of the optical

fiber core section.

[0006] Also in a flat-surface waveguide mold optical circuit, a grating can be formed in optical waveguide by ultraviolet radiation exposure like the case of a fiber grating with doping germanium at the core section in the case of the optical waveguide by the flame depositing method.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The optical waveguide formed by the flame depositing method has a large polarization dependency, and this kind of flat-surface waveguide mold optical circuit has a complicated process, and is cost quantity. Therefore, a grating also has polarization dependence and it becomes expensive. To it, although the waveguide mold optical circuit by the ion-exchange method is easy to produce and it is cheap, the concentration dependencies of a diffusion coefficient and a diffusion coefficient etc. differ, and for natural diffusion of the ion by heat, even if GUTETINGU production of a minute period tends to produce the concentration modulation of a submicron period, it cannot be controlled by the glass ingredient and the dope ion kind, but is made difficult with them.

[0008] Furthermore, the report is made about the attempt which waveguide is produced [ attempt ] on a glass front face and makes it produce an ion concentration modulation by the ion-exchange method, and since an anisotropy is in a waveguide configuration in the case of surface optical waveguide, loss also becomes [ a polarization dependency ] large greatly. In order to embed optical waveguide to near 10 micrometer, grating production must be made to maintain and diffuse a lateral concentration modulation to the depth, although it embeds to it and becomes effective [ a mold ] in reduction of loss. Therefore, the effective approach of producing the grating of a minute period with a sufficient precision to such embedding mold optical waveguide is not yet developed.

[0009] The purpose of this invention is offering the approach of producing the grating of a desired detailed period efficiently, as can form in the embedding optical waveguide of an ion-exchange mold easily the detailed field where refractive indexes' differ.

[0010]

[Means for Solving the Problem] This invention is the approach of forming the optical waveguide grating from which ion-exchange mold optical waveguide is embedded into a glass substrate, and the refractive index is changing to this optical waveguide the predetermined detailed period in the optical propagation direction. this invention devises the relation between a production process, a glass substrate, and a dope ion kind, or a dope ion kind -- stripe-like formation [ grating ] -- public funds -- it is the manufacture approach of the optical waveguide grating which carries out the ion exchange using a group mask, and forms refractive-index change of a detailed period into the optical waveguide of an embedding mold. stripe-like formation [ grating ] -- public funds -- a group mask -- for example, the period of 0.2-1.0 micrometers -- the shape of stripes -- a line -- it is the structure where a large number (tens of thousands of [ for example, ]) array formation of the opening was carried out.

[0011] the 1st approach -- the front face of a glass substrate -- optical waveguide pattern formation -- public funds -- the 1st ion-exchange process which prepares a group mask and performs thermion exchange -- The 2nd ion-exchange process which performs the electric-field impression ion exchange and forms embedding mold optical waveguide in order to embed a part for the process which removes this metal mask for optical waveguide pattern formation, and refractive-index increase Kabe which carried out the ion exchange in a glass substrate, the front face of a glass substrate -- stripe-like formation [ grating ] -- public funds -- by performing the ion exchange with high-concentration ion of the same kind rather than the time of the 1st ion exchange, preparing a group mask and impressing electric field the 3rd ion-exchange process which controls ion concentration distribution periodically, without breaking down the configuration of optical waveguide, and this grating formation -- public funds -- the process which removes a group mask is provided.

[0012] By the 2nd approach, the ion concentration dependency of the interdiffusion coefficient in the glass of dope ion chooses the combination of strong ion and glass. and the front face of a glass substrate -- optical waveguide pattern formation -- public funds -- the 1st ion-exchange process which prepares a group mask and performs thermion exchange -- The 2nd ion-exchange process which performs the electric-field impression ion exchange and forms embedding mold optical waveguide in order to embed a part for the process which removes this metal mask for optical waveguide pattern formation, and refractive-index increase Kabe which carried out the ion exchange in a glass substrate, the front face of a glass substrate -- stripe-like formation [ grating ] -- public funds -- the 3rd ion-exchange process which prepares a group mask and carries out thermion

exchange with high-concentration ion of the same kind rather than the time of the 1st ion exchange -- By performing the electric-field impression ion exchange, in order to embed the part which carried out the ion exchange at the process and the 3rd ion-exchange process of removing this metal mask for grating formation to an optical waveguide part The 4th ion-exchange process which controls ion concentration distribution periodically is provided without breaking down the configuration of optical waveguide.

[0013] the 3rd approach -- the front face of a glass substrate -- optical waveguide pattern formation - - public funds -- the front face of the process which performs the ion exchange using the ion with which a group mask is prepared, the ion exchange progresses at an elevated temperature, and the ion exchange does not progress at low temperature, and forms the optical waveguide of an embedding mold, and a glass substrate -- stripe-like formation [ grating ] -- public funds -- a group mask prepares and the process which forms the detailed field where the electric-field impression ion exchange performs using the ion with which the ion exchange progresses at low temperature and refractive indexes differ in optical waveguide provides.

[0014]

[Embodiment of the Invention] An example of the production process by the 1st approach is shown in drawing 1 .

(1-a) the front face of a glass substrate 10 -- optical waveguide pattern formation -- public funds -- form the group mask 12.

(1-b) Perform thermion exchange through the opening part of the metal mask 12 for optical waveguide pattern formation, and form a part for refractive-index increase Kabe 14 used as optical waveguide.

(1-c) Remove this metal mask for optical waveguide pattern formation, in order to embed a part for refractive-index increase Kabe which subsequently carried out the ion exchange in a glass substrate, perform the electric-field impression ion exchange and form the embedding mold optical waveguide 16.

(1-d) the direction which crosses this optical waveguide on the substrate front face of the right above of the embedding mold optical waveguide 16 of a glass substrate 10 -- a line -- grating formation of the shape of a stripe which has opening -- public funds -- form the group mask 18, and carry out the ion exchange with high-concentration ion of the same kind rather than the time of the 1st ion exchange, impressing electric field. A sign 20 shows the detailed field which carried out the ion exchange.

(1-e) Remove the metal mask for grating formation. By this, without breaking down the configuration of optical waveguide, ion concentration distribution can be controlled periodically and refractive-index change of a detailed period can be formed.

[0015] this (1-d) -- before the concentration distribution to the longitudinal direction of the grating section is lost in thermal diffusion, the applied voltage in a process is set up so that it may become the rate which can diffuse ion in the request depth. Whatever the relation between dope ion concentration and a diffusion coefficient, this approach is effective.

[0016] An example of the production process by the 2nd approach is shown in drawing 2 .

(2-a) the front face of a glass substrate 30 -- optical waveguide pattern formation -- public funds -- form the group mask 32.

(2-b) Perform thermion exchange through the opening part of the metal mask 32 for optical waveguide pattern formation, and form a part for refractive-index increase Kabe 34 used as optical waveguide.

(2-c) Remove this metal mask for optical waveguide pattern formation, in order to embed a part for refractive-index increase Kabe which subsequently carried out the ion exchange in a glass substrate, perform the electric-field impression ion exchange and form the embedding mold optical waveguide 36. This process is the same as that of the 1st approach.

(2-d) the direction which crosses this optical waveguide on the substrate front face of the right above of the embedding mold optical waveguide 36 of a glass substrate 30 -- a line -- grating formation of the shape of a stripe which has opening -- public funds -- form the group mask 38 and carry out thermion exchange with high-concentration ion of the same kind rather than the time of the 1st ion exchange. A sign 39 shows the detailed field by which the ion exchange was carried out.

(2-e) Remove the metal mask for grating formation, and in order to embed the detailed field which carried out the ion exchange at the ion-exchange process [ subsequently / (2-d) ] to an optical waveguide part, perform the electric-field impression ion exchange. A sign 40 shows the embedded detailed refractive increment field.

[0017] By this approach, the interdiffusion coefficient in the inside of the glass of the ion to dope selects the combination of the glass for which it depends on the dope ion concentration in glass greatly, and an ion kind, without disturbing the period of the minute pitch by natural diffusion by passing through the process of (2-d), ion concentration distribution can be controlled and an optical waveguide grating can be manufactured.

[0018] An example of the production process by the 3rd approach is shown in drawing 3.

(3-a) the front face of a glass substrate 50 -- optical waveguide pattern formation -- public funds -- form the group mask 52.

(3-b) Perform thermion exchange through the opening part of the metal mask 52 for optical waveguide pattern formation, and form a part for refractive-index increase Kabe 54 used as optical waveguide.

(3-c) Remove this metal mask for optical waveguide pattern formation, in order to embed a part for refractive-index increase Kabe which subsequently carried out the ion exchange in a glass substrate, perform the electric-field impression ion exchange and form the embedding mold optical waveguide 56. This process is the same as that of the 1st approach.

(3-d) the direction which crosses this optical waveguide on the substrate front face of the right above of the embedding mold optical waveguide 56 of a glass substrate 50 -- a line -- grating formation of the shape of a stripe which has opening -- public funds -- form the group mask 58 and form the detailed field 60 where the electric-field impression ion exchange is performed using the ion with which the ion exchange progresses at low temperature, and refractive indexes differ.

(3-e) Remove the metal mask for grating formation.

[0019] In this 3rd approach, Tl ion is used for formation of optical waveguide, for example, and Ag ion is used for formation of a grating. Tl ion -- the interdiffusion coefficient in glass -- small -- 500-degree-C order -- comparatively -- an elevated temperature -- it is not -- if -- the ion exchange -- not progressing. On the other hand, as for Ag ion, the ion exchange progresses at the temperature of about 300 degrees C or less. Therefore, it embeds according to Tl ion exchange at the processing temperature around 500 degrees C beforehand, and the optical waveguide of a mold is produced, and if a stripe-like mask is prepared in right above [ the / optical waveguide ] and the electric-field impression ion exchange of the Ag ion is carried out at the temperature of 300 degrees C or less, an optical waveguide grating can be produced according to the ion exchange, without breaking down the configuration of the optical waveguide already produced.

[0020]

[Example] as a glass substrate -- soda lime glass -- using -- a dope ion kind -- Ag ion -- using -- stripe-like formation [ grating ] -- public funds -- when produced at the process shown in drawing 1 using a group mask (grating period: 0.5 micrometers), about 60% of reflection factors was obtained, and the grating has been formed.

[0021] two sorts of glass (Glass A and glass B) with which presentations differ as a glass substrate -- using -- as fused salt -- AgNO<sub>3</sub> using -- stripe-like formation [ grating ] -- public funds -- the group mask (grating period: 0.5 micrometers) was used, and it produced according to the process shown in drawing 2. Rate-of-change  $\Delta D(T)/\Delta C$  of change of an interdiffusion coefficient to Ag ion concentration change  $\Delta C$  in the presentation of Glass A and B and glass and a result (reflection factor) are shown in Table 1. Here, C is Ag ion / (Ag ion + alkali ion concentration) x100 in glass, and may be 5 to 10%. Moreover,  $\Delta D(T)$  is the value to which C in the temperature of 280 degrees C \*(ed) the difference of the interdiffusion coefficient in 5% to 10% with C= 5% of interdiffusion coefficient.

[0022]

[Table 1]

	ガラス組成 (モル%)						$\Delta D(T) / \Delta C$	反射率 (%)
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	ZnO	K <sub>2</sub> O		
ガラスA	64	4	12	10	10	0	0.10	0
ガラスB	70	10	10	10	0	10	0.35	60

[0023] The combination of Glass A and Ag ion is  $\Delta D(T)/\Delta C=0.1$ , and reflection of light was not produced. To it, in the combination of Glass B and Ag ion, it was  $\Delta D(T)/\Delta C=0.35$ , and 60% of reflection factors was obtained and the grating has been formed. Furthermore, grating formation was possible when  $\Delta D(T)/\Delta C$  was 0.2 or more, as a result of inquiring.

[0024]

[Effect of the Invention] this invention -- above -- the relation between a production process, a glass substrate, and a dope ion kind, or a dope ion kind -- devising -- stripe-like formation [ grating ] -- public funds -- since it is the approach of carrying out the ion exchange using a group mask, the detailed field where refractive indexes differ can be easily formed in the embedding optical waveguide of an ion-exchange mold, and the grating of a desired detailed period can be produced efficiently.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

## [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The process explanatory view showing an example of the 1st approach of the manufacture approach of the optical waveguide grating concerning this invention.

[Drawing 2] The process explanatory view showing an example of the 2nd approach of the manufacture approach of the optical waveguide grating concerning this invention.

[Drawing 3] The process explanatory view showing an example of the 3rd approach of the manufacture approach of the optical waveguide grating concerning this invention.

## [Description of Notations]

10 Glass Substrate

12 Metal Mask for Optical Waveguide Formation

14 A Part for Refractive-Index Increase Kabe

16 Embedding Mold Optical Waveguide

18 Metal Mask for Grating Formation

20 Detailed Field Which Carried Out Ion Exchange

---

[Translation done.]



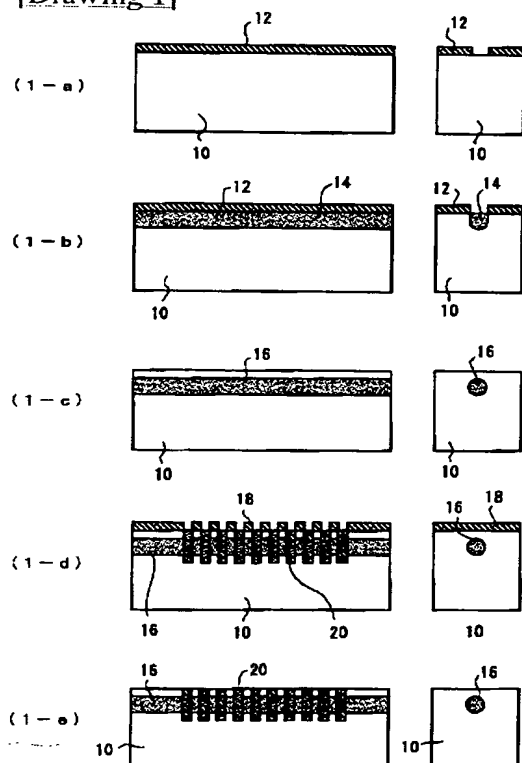
## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

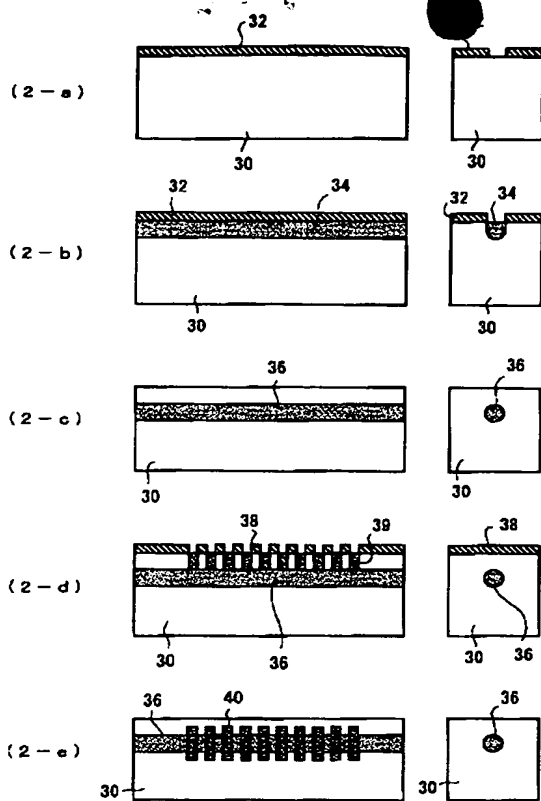
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

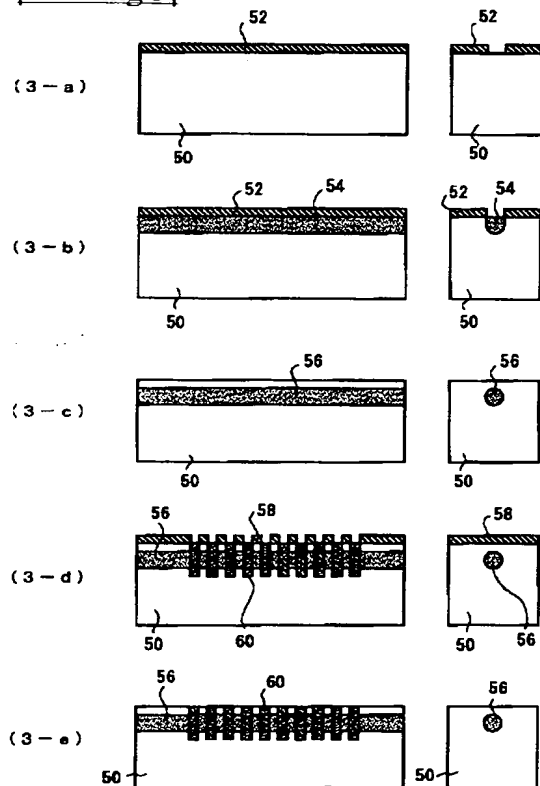
[Drawing 1]



[Drawing 2]



[Drawing 3]



[Translation done.]

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**